

IV Tehnikaolümpiaad

Praktiline voor

Iga ülesanne tuleb lahendada eraldi lehele ja igale lehele kirjutada oma kood.

P1. Mänguauto (12 p.)

Lapsepõlvest tuntud tagasitõmmatav (*pull-back*) mänguauto tundub esmapilgul lihtne mänguasi, kuid peidab endas üllatavalt palju inseneriteadust ja füüsikat. Auto mootoriks on üleskeeratav spiraalvedru ja jõuülekanne ratastele toimub läbi keeruka käigukasti. Selles ülesandes piilume mänguauto sisse ja uurime neid mehhanisme inseneri pilguga.

Teoreetiline taust

Spiraalvedru salvestab mehaanilist energiat, mis muudetakse läbi hammasrataste süsteemi (käigukasti) auto liikumise kineetiliseks energiaks. Mehhanismil on kaks erineva ülekandearvuga käiku: üks tagasitõmbamiseks, kus vedru pingestatakse, ja teine edasiliikumiseks, kus energia suunatakse ratastele. Lisaks on autol ka vabakäik, mis raken- dub siis, kui vedru jõuab tasakaaluasendisse tagasi. See võimaldab autol pärast vedru lahti kerimist vabalt edasi liikuda.

Katsevahendid

- Spiraalvedruga tagasitõmmatav mänguauto;
- mõõdulint ja/või joonlaud;
- köögikaal täpsusega 0,1 g;
- pesulõks.

Katsete käigus võib mänguauto lahti võtta ja mootori eemaldada. Mootorit ärge avage, seda on pärast väga raske uuesti kokku panna.

Ülesanne

a) Mänguauto lasti põrandal paigalseisust vabaks ja see läbis alguses vahemaa $s = 1$ m kiirenevalt ning peatus lõpuks kaugusel $l = 5$ m alguspunktist. Mis oli auto suurim kiirus? Eeldage, et veerehõõr- detegur oli $\mu = 0,01$ ja muid takistusi liikumisele ei olnud. Raskuskiirendus $g = 9,81$ m/s². (2 p.)



Joonis 1: Spiraalvedruga tagasitõmmatavad mängu- autod. Mudelid erinevad ainult värvi poolest.

b) On teada, et tagasitõmbamisel on ülekandearv vedrult rattale $n_t = 17/9 \approx 1,89$. See tähendab, et kui ratas teeb tagasitõmbamisel ühe pöörde, siis spiraalvedru pööratakse samal ajal $9/17 \approx 0,53$ pöörde võrra. Leidke katseliselt ligikaudne edasiliikumise ülekandearv n_e . Kirjeldage katset ja pange kirja vastavad mõõtmised. Arvestage, et käigukas- tis võib olla väike lõtk, st tagasitõmbamise alguses ei pruugi hammasrattad koheselt haakuda. (4 p.)

c) Määrake katseliselt tagasitõmbamisel auto ratastele mõjuva pöördemomendi sõltuvus rataste pöördenurgast α (rad). Kirjeldage katset ja joonistage sõltuvuse graafik. Piisab kui mõõta pöördemomendi ratta iga täispöörde järel, kokku viie täispöörde ulatuses. Märkused: 1) antud vahendi- tega võib mõõtmine olla pisut ebastabiilne, seega suurt täpsust ei nõuta; 2) parema tulemuse saamiseks on soovitatav keskmistada vähemalt kolme mõõteseria tulemused; 2) arvestage, et kui mõõt- mise ajal pöörduvad rattad edasiliikumise suunas, siis rakendub edasiliikumise ülekanne (ülekande- arvuga n_e). (4 p.)

d) Lähtudes eelnevatest mõõtetulemustest leidke, kui palju energiat salvestub spiraalvedrusse, kui tagasitõmbamisel teevad rattad 3 pööret. (2 p.)

P2. Telegramm (12 p.)

Digitaalse lühisõnumiside alged pärinevad 19. sajandi algusest, mil hakati informatsiooni edastamiseks kasutama elektrivoolu. Ülisuure populaarsuse saavutas 1837. aastal Sir Charles Wheatstone'i poolt täiustatud telegraafimasin, kus hakati kasutama Samuel Morse kodeeringut. Tänu oma häirekindlusele on see teatud valdkondades kasutuses tänaseni (raadioamatöörid, militaarside). Käesolevas ülesandes tuleb ehitada kuular morse-signaali vastuvõtmiseks ja edastada saadud sõnum ASCII kodeeringut kasutades LCD ekraanile.

Teoreetiline taust

Kuulari põhikomponendid on membraan, traadist mähis (solenoid) ja püsिमagnet. Kui helisagedusega vahelduvvool läbib püsिमagnetit väljas olevat mähist, mõjub mähise keerdudele vahelduv Ampère'i jõud. See sunnib mähist ja sellega ühendatud membraani edasi-tagasi liikuma. Liikumine tekitab õhus rõhumuutusi, mida me kuuleme helina. Kuularite kvaliteeti mõjutavad paljud tegurid, näiteks membraani materjal, kuju ja jäikus; samuti magneti tugevus, kuju ja paiknemine; ning ka mähise mõõtmed ja keerdude arv.

Morse kodeering seob omavahel signaali (elekter, valgus) impulsside pikkused ja Inglise tähestiku tähemärgid, kusjuures sagedamini kasutatavad tähed on kodeeritud lühemalt (Tabel 2; Joonis 4).

ASCII kodeering (*American Standard Code for Information Interchange*) kirjeldab arve, tähemärke, eriotstarbelisi sümboliteid ja juhtkoode arvutite sobiva kahendkoodiga. Tabelis 3 on ASCII kodeering esitatud kompaksemalt kümnendsüsteemis.

Kahendsüsteem on positsiooniline arvusüsteem, mille alus on 2. Arve esitatakse samal põhimõttel nagu kümnendsüsteemis, kuid kümne numbri (0–9) asemel on kasutuses ainult 0 ja 1. Kohakaaludeks on arvu 2 täisarvastmed. Näiteks kahendsüsteemi arv 10011 vastab kümnendsüsteemi arvule $19: 10011_2 = 1 \cdot 2^4 + 0 \cdot 2^3 + 0 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0 = 19_{10}$.

Katsevahendid

Osad *b*) ja *c*): Arduino baasil sideliini makett; 5 m isolatsiooniga vasktraati läbimõõduga 0,20 mm ja eritakistusega $\rho = 0,017 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$; patarei 9 V; magnet; paber; teip; liim; käärid; liivapaber.

Osa *d*): Bitilülititega LCD ekraan; patarei 9 V.

Ülesanne

Arduino baasil tehtud makett (Joonis 2) imiteerib Teise maailmasõja ajal kasutusel olnud sideliini. Maketi väljundisse edastatakse pärast nupule vajutamist Morse koodis lühisõnum, mis tuleb Teil akustiliselt vastu võtta, ehitades selleks kuulari.

NB! Patareid mitte ühendada väljundi klemmidega, see põletab Arduino emaplaadi läbi! Patarei ühendage ainult toiteklemmidega (Toide 9V).

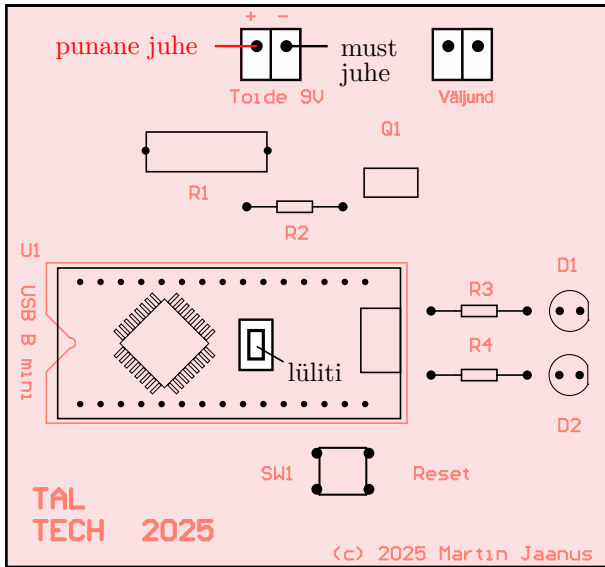
a) Sideliini makett hakkab tööle ainult siis, kui koormustakistus väljundklemmidel on vähemalt $1,5 \Omega$. Arvutage, kui pikk peab olema maketi väljundklemmidega ühendatud traat minimaalselt, et makett tööle hakkaks. (1 p.)

b) Ehitage lihtne kuular kasutades paberit, traati ja magnetit (magnet võib olla seotud või ka eraldi). Lisaks võib kasutada liimi ja/või teipi. Arvestage, et peaesmärgiks on sõnumi kuulmine, aga hinnatakse ka kuulari helitugevust (3 punkti 6-st). Kui töötav kuular on valmis, minge žürii laua juurde ja mõõtke edastatava heli tugevus (seda võib teha ka hiljem). (6 p.)

c) Kirjutage üles sideliini maketi poolt edastatav Morse sõnum ja dekodeerige see. Märkus: makett edastab signaali üks kord pärast igat nupule vajutamist. (1 p.)

Järgnevalt tuleb kuulariga vastu võetud sõnum kuvada LCD ekraanile (Joonis 3), mis kasutab välismaailmaga suhtlemiseks 8-bitist paralleelliidest. Sõltuvalt režiimist saab lülite abil sisestada kas edastatava sümboli ASCII koodi kahendsüsteemis või ekraani seadistamiskäsu. Režiimi valikuks on omaette lüliti RS. Kui $RS = 0$, siis edastatakse seadistuskäsk, kui $RS = 1$, siis edastatakse ekraanile kuvamiseks mõeldud info. Enne sõnumi sisestamist on vaja ekraan algolekusse seadistada. Selleks tuleb sisestada Tabelis 1 toodud seadistuskäsk 1. Iga sisend võetakse arvesse vaid siis, kui pärast bittide seadistamist on vajutatud nupule E.

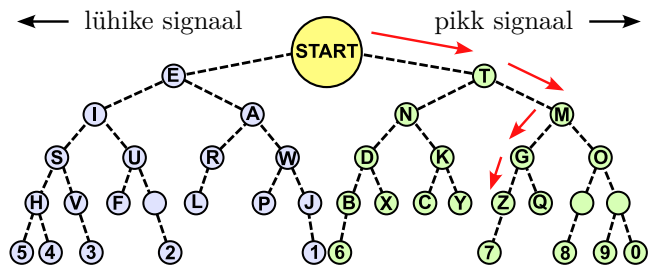
d) Seadistage LCD ekraan algolekusse (Tabel 1) ja kirjutage kuulariga vastu võetud sõnum LCD ekraanile. Kui ülesanne *b*) jäi tegemata, siis kirjutage ekraanile TEHNIKA25. Minge žürii laua juurde ja näidake ekraanil olevat sõnumit. (4 p.)



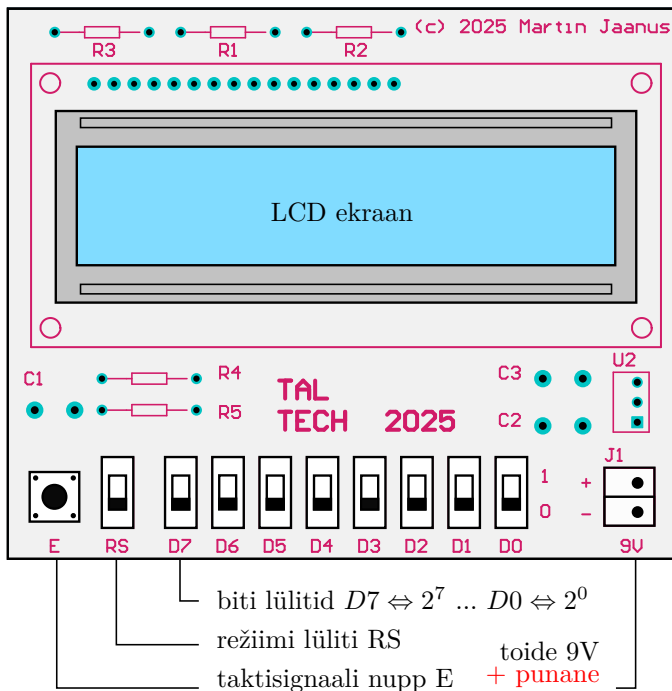
Joonis 2: Sideliini makett.

A	· - -	M	- - -	Y	- · - - -
B	- · - · -	N	- · -	Z	- - - · -
C	- - - · -	O	- - - -	1	· - - - - -
D	- · - · -	P	· - - - ·	2	· - - - - -
E	· - - -	Q	- - - · -	3	· - - - -
F	· - - · -	R	· - · -	4	· - - · - -
G	- - - · -	S	· - - · -	5	· - - - · -
H	· - - · -	T	- - - -	6	- - - - · -
I	· - -	U	· - - -	7	- - - - · -
J	· - - - -	V	· - - - -	8	- - - - · -
K	- - - · -	W	· - - -	9	- - - - · -
L	· - - · -	X	- - - -	0	- - - - -

Tabel 2: Morse kodeeringu tabel: sümbol | signaal.



Joonis 4: Morse koodi lihtne lugemine. Punaste nooltega on näidatud koodi - - · - lugemine: paremale-paremale-vasakule-vasakule = Z.



Joonis 3: 8-bitine LCD ekraan. Biti lülitid D7–D0: D7 on kõrgeim järk (2^7) ja D0 on madalaim järk (2^0); režiimi lüliti RS: 0 - seadistamine, 1 - info edastamine ekraanile; taktisignaali nupp E (execute): sisenditel oleva infoga käsk täidetakse.

	RS	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
1.	0	0	0	0	0	1	1	1	1
2.	0	0	0	0	0	0	0	0	1
3.	0	0	0	0	0	0	0	1	0

Tabel 1: Mõned LCD ekraani seadistuskäsud. 1. Alustamine; 2. Puhasta ekraan; 3. Liigu algusesse.

dec	sym	dec	sym	dec	sym	dec	sym
32	□	48	0	64	@	80	P
33	!	49	1	65	A	81	Q
34	"	50	2	66	B	82	R
35	#	51	3	67	C	83	S
36	\$	52	4	68	D	84	T
37	%	53	5	69	E	85	U
38	&	54	6	70	F	86	V
39	'	55	7	71	G	87	W
40	(	56	8	72	H	88	X
41	)	57	9	73	I	89	Y
42	*	58	:	74	J	90	Z
43	+	59	;	75	K	91	[
44	,	60	<	76	L	92	\
45	-	61	=	77	M	93]
46	.	62	>	78	N	94	^
47	/	63	?	79	O	95	_

Tabel 3: Väljavõte standardse ASCII kodeeringu tabelist, kus on näidatud sümboli kood kümnendsüsteemis (dec) ja sellele vastav sümbol (sym).

P3. Magneesiumpiima kasutamine reoveepuhastuses (10 p.)

Magneesiumhüdroksiidi vesilahust hakati meditsiinis kasutama juba 19. sajandi alguses seedehäirete raviks. Hiljem, 1872. aastal võttis inglise apteeker Charles Henry Phillips magneesiumhüdroksiidi suspensiooni jaoks kasutusele kaubandusliku nime „magneesiumpiim” (*Milk of Magnesia*), mis muutus populaarseks ravimiks nii antatsiidina (maohapet neutraliseeriva ravimina) kui ka lahtistina. Lisaks meditsiinilistele rakendustele avastati 20. sajandi jooksul magneesiumhüdroksiidi efektiivsus ka tööstuslikes ja keskkonnatehnilistes rakendustes. Seda kasutatakse happelise reovee neutraliseerimiseks ja raskmetallide eemaldamiseks reoveest. Viimastele rakendustele keskendub ka käesolev praktiline ülesanne.

Teoreetiline taust

Magneesiumhüdroksiid ($\text{Mg}(\text{OH})_2$) on halvasti lahustuv aine, mis moodustab vees suspensiooni ja toimib sadestajana ning happe neutraliseerijana. Reoveepuhastuse bioloogilistes protsessides, eriti nitrifikatsiooni ja anaeroobse kääritamise puhul, on magneesiumhüdroksiidi suspensioon ideaalne alternatiiv seebikivile (NaOH) ja lubjaveele ($\text{Ca}(\text{OH})_2$). See on kontsentreeritum ja tagab suurema aluselisuse, mis tähendab, et reovee puhastamiseks vajalik kogus on väiksem. Lisaks varustab magneesiumhüdroksiid keskkonda rakkude elutegevuseks vajaliku magneesiumiga ja vähendab ka reovee ebameeldivat lõhna – kui lahuse pH on üle 8,5 jäävad sulfiidid lahusesse HS^- kujul ja ei moodusta lenduvat H_2S gaasi.

Katsevahendid

- 0,2 M magneesiumsulfaat (MgSO_4)

- 0,4 M naatriumhüdroksiid (NaOH)
- Simuleeritud happeline reovesi, 100 mL
- 0,1 M vask(II)sulfaat (CuSO_4), 8 mL
- Keeduklaas, katseklaas, kolb, mõõtekolb, lehter, plastpipett, filterpaber, lakmuspaber
- Kindad

Kõiki katseid tuleb teha eraldi laua taga (keemiatarvikute juures).

Ülesanne

a) Kirjuta ja tasakaalusta keemiliste reaktsioonide võrrandid, mis kirjeldavad järgmisi protsesse (2. ja 3. juhul piisabioonvõrrandist):

1. Magneesiumhüdroksiidi sadestumine. (0,5 p.)
2. Happelise reovee neutraliseerimine. (0,5 p.)
3. Vask(II)hüdroksiidi sadestumine. (0,5 p.)

b) Mõõtke reovee pH ja arvutage vajalik $\text{Mg}(\text{OH})_2$ moolide hulk happelise reovee neutraliseerimiseks ja vask(II)-ioonide sadestamiseks. Veearvutus ei ole vajalik. (2 p.)

c) Leia magneesiumhüdroksiidi saamise katseks vajalikud lahuste ruumalad (MgSO_4 ja NaOH) lähtudes reaktsioonivõrranditest. Veearvutus ei ole vajalik. (2 p.)

d) Kasutades eksperimendiks antud vahendeid teostage katse $\text{Mg}(\text{OH})_2$ saamiseks. (0,5 p.)

e) Viige läbi happelise reovee neutraliseerimine. Kasutage 1 mL suspensiooni. Kuidas muutus vee pH? (2 p.)

f) Teostage raskmetalli sadestamise katse kasutades CuSO_4 lahust ja 7 mL suspensiooni. Kirjeldage katse tulemusel toimunud muutusi. (2 p.)